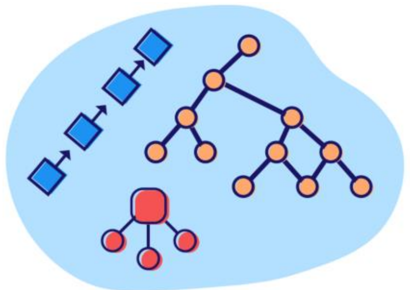
الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا
كلية الهندسة المعلوماتية
قسم تقانة المعلومات

Algorithms & Data Structures (2)

Lecture-5: Trees
(الأشجار)

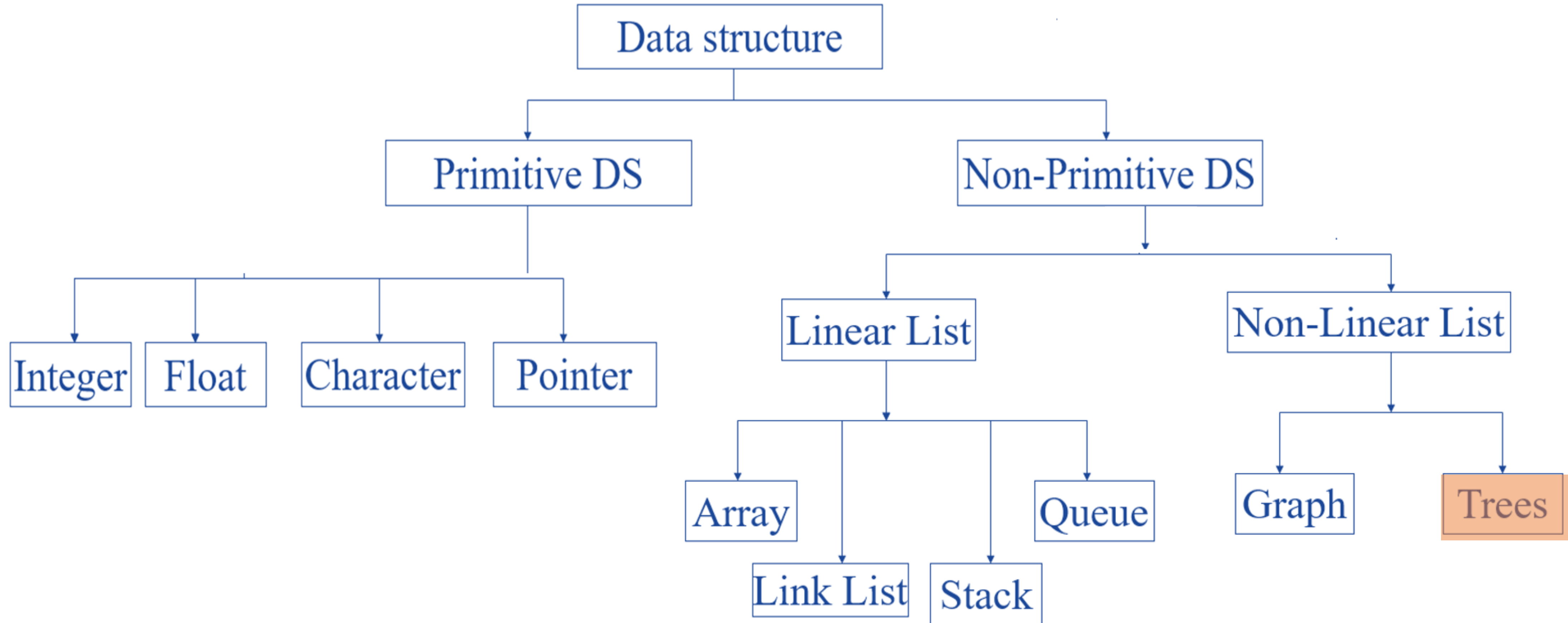


Dr. Asmaa Shaar

فهرس المحاضرة

- مقدمة
- مفهوم بنية معطيات الشجرة
- تعاريف
- تمثيل الأشجار
  - باستخدام القوائم الخطية
  - باستخدام القوائم المترابطة
- تطبيقات الأشجار

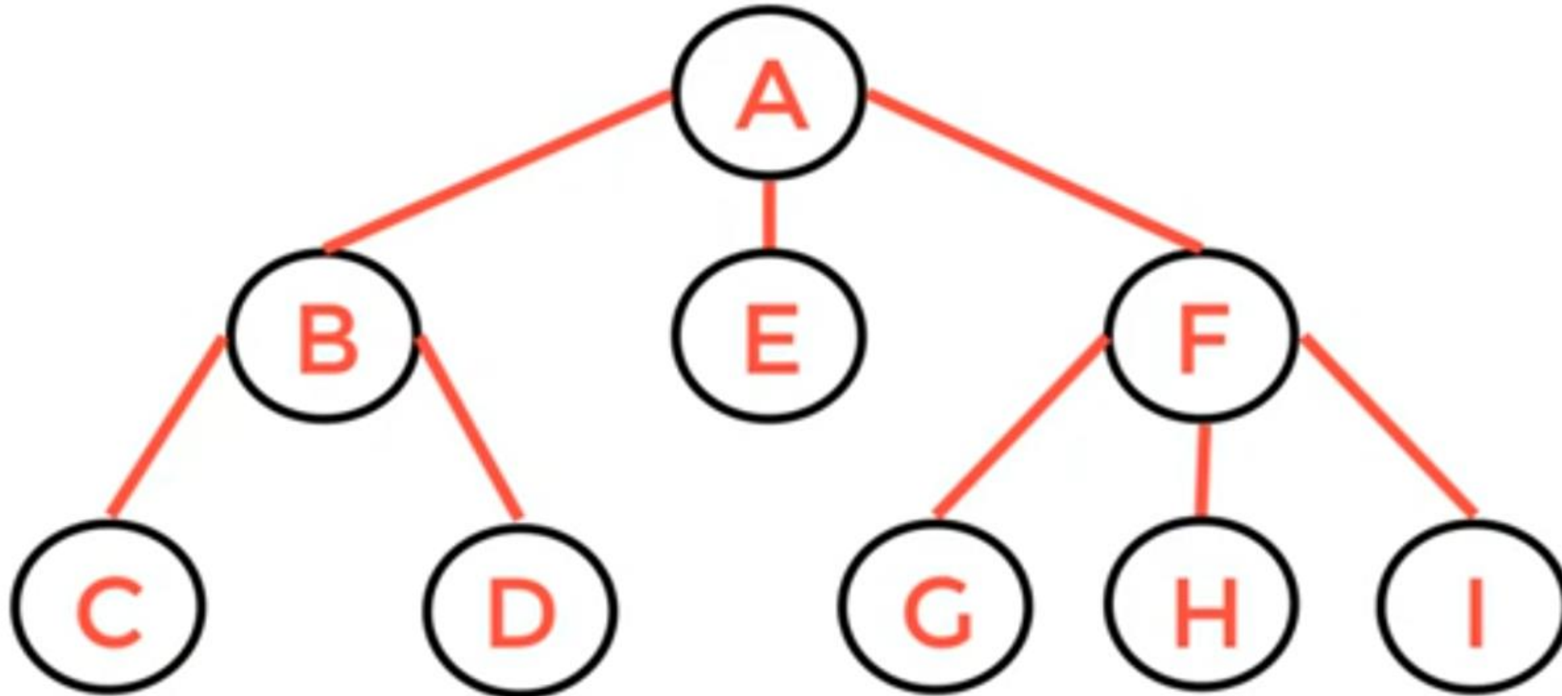
مقدمة



Data structure
Primitive DS
Non-Primitive DS
Integer
Float
Character
Pointer
Linear List
Non-Linear List
Array
Link List
Stack
Queue
Graph
Trees

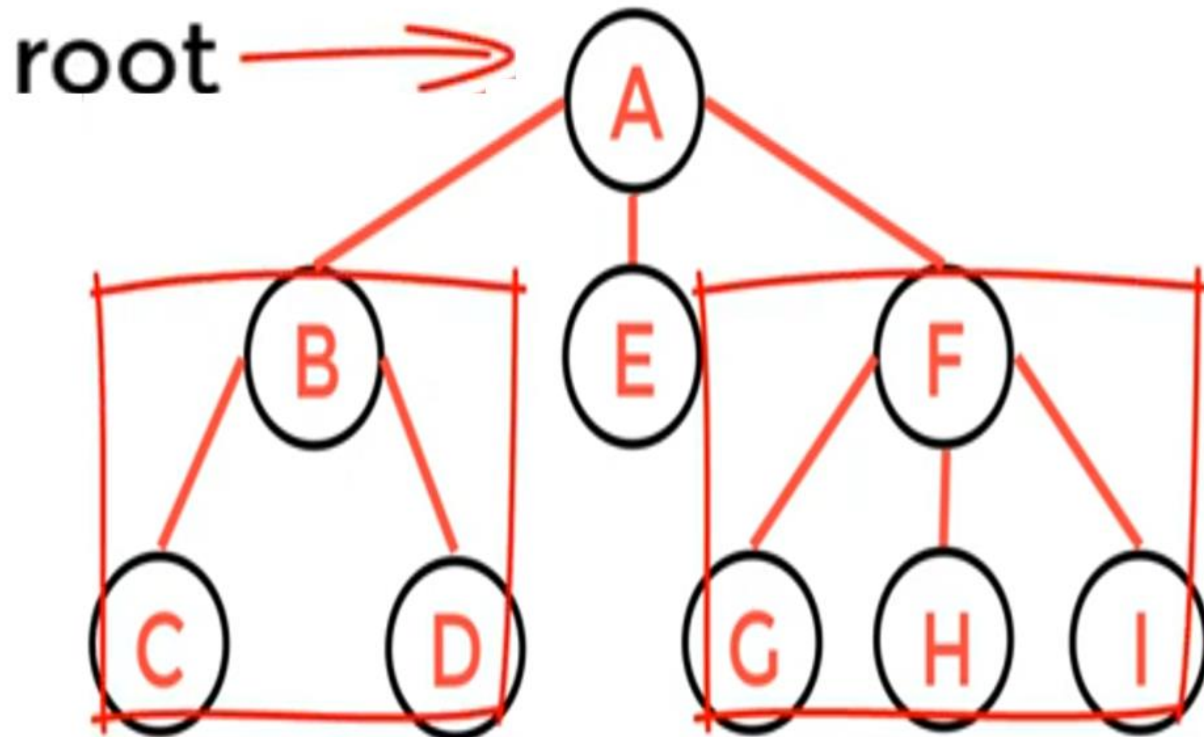
مفهوم الشجرة

- مجموعة **منتهية** من عناصر البيانات (data elements) نسميها عقد (nodes) والتي بدورها:
  - مرتبطة مع بعضها البعض بروابط (Links or edges).
  - منظمة تنظيماً **هرمياً** (Hierarchical)
    - ✓ لا توجد علاقة **ترتيب كلي** بين عناصرها ولكن هناك**علاقة ترتيب جزئي**
    - ✓ لا يوجد **حلقات مغلقة** وإلا اصبح لدينا بيان (الشجرة عبارة عن بيان مترابط لاحلقي)



مفهوم الشجرة

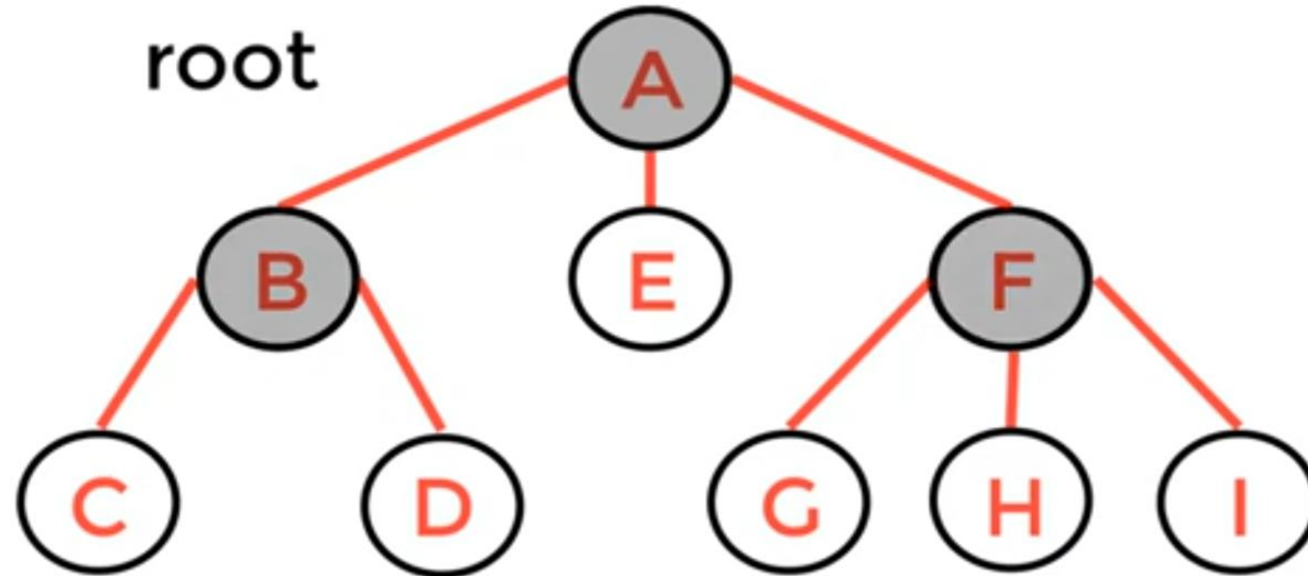
- توجد عقدة **مميزة و وحيدة** نسميها **الجذر** root.
- يتم تجزئة بقية العقد لعدد من المجموعات المنفصلة $T_1, T_2, \ldots, T_n$ بحيث تشكل كل مجموعة Ti شجرة تدعى بـ **الشجرة فرعية** (sub−tree) والتي بدورها تتألف من عقدة جذر وأشجار فرعية أخرى (مفهوم العودية).



- يمكن أن توجد بين العقد **العلاقات** التالية:
  - أب (parent)
  - ابن (child)
  - أخ (sibling)
  - سلف (ancestor)
  - حفيد (Descendant).

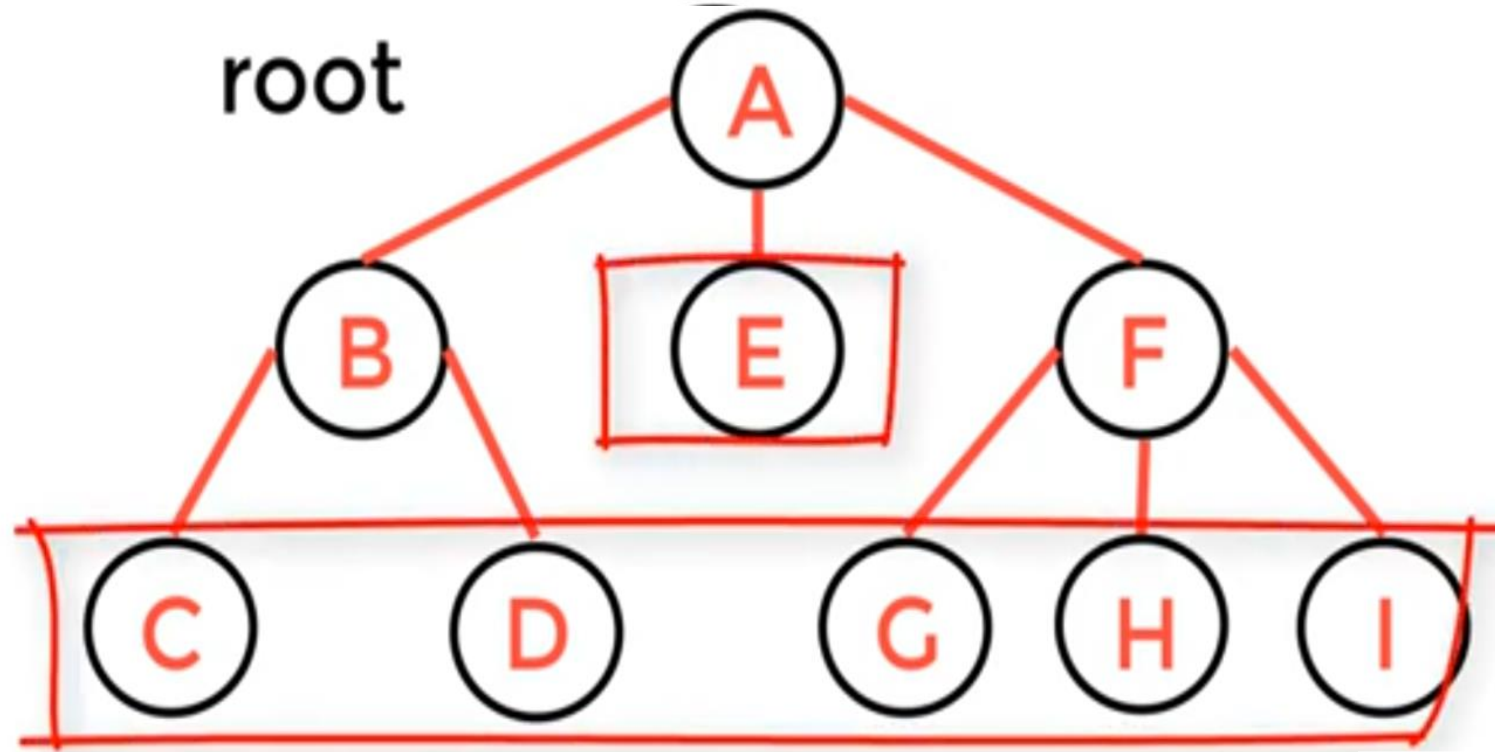
تعاريف

- اذا ارتبطت عقدة p بعقدة أخرى c من **المستوى التالي**، عندها تكون العقدة p **عقدة أب** (Parent node) لتلك للعقدة c.
- اذا ارتبطت عقدة c بعقدة أخرى p من **المستوى السابق**، عندها تكون العقدة c **عقدة أبن** (child node) للعقدة p.
- كل العقد في الشجرة **عقد ابناء** إلا العقدة الجذر.



تعاريف

- تسمى كل عقدة لها عقدة ولد **واحدة على الأقل** بـ **عقدة داخلية** (internal node).
- تسمى كل عقدة **ليس لها** أي عقد اولاد بـ **عقدة ورقية** (leaf node) أو عقدة خارجية (external node).

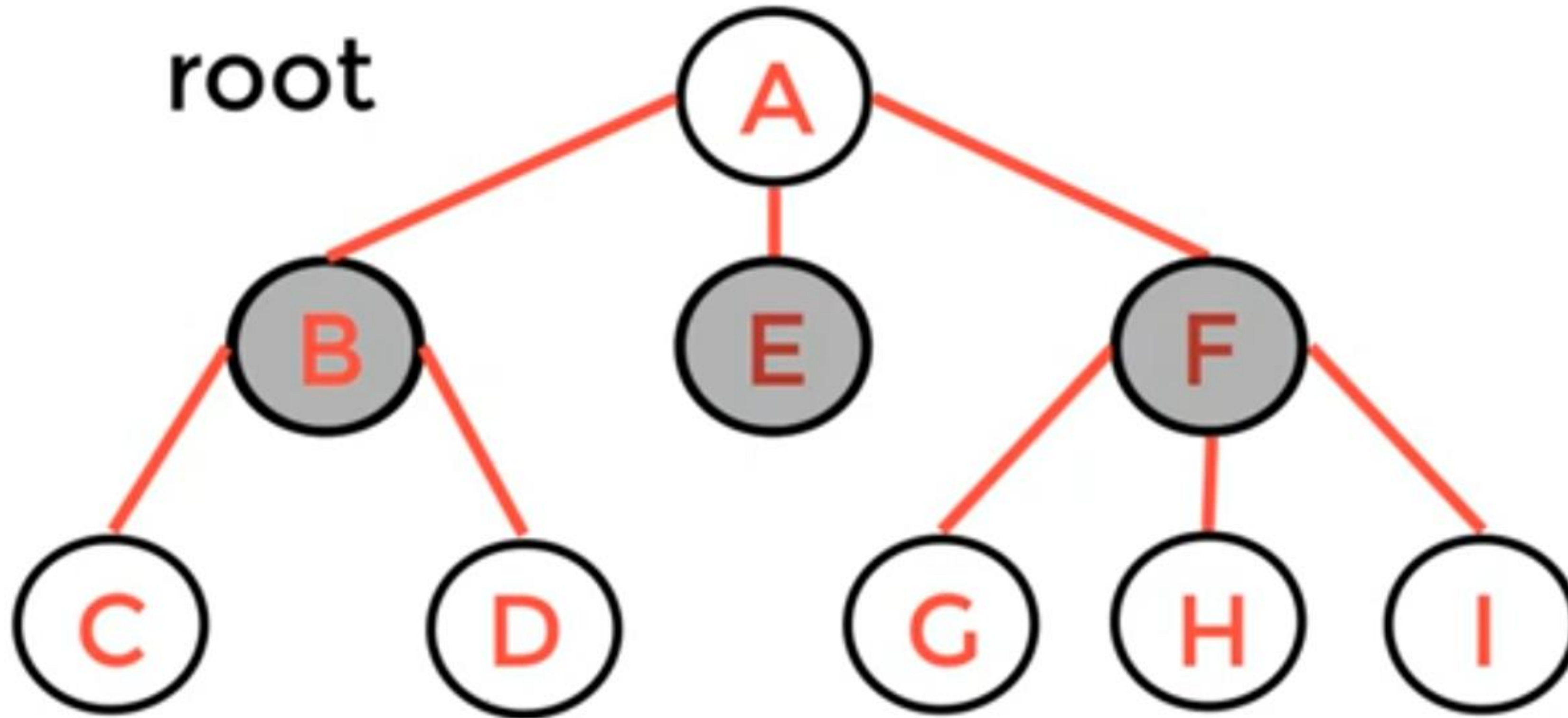


Leaves: C,D,E,G,H,I

Internal nodes: B,F

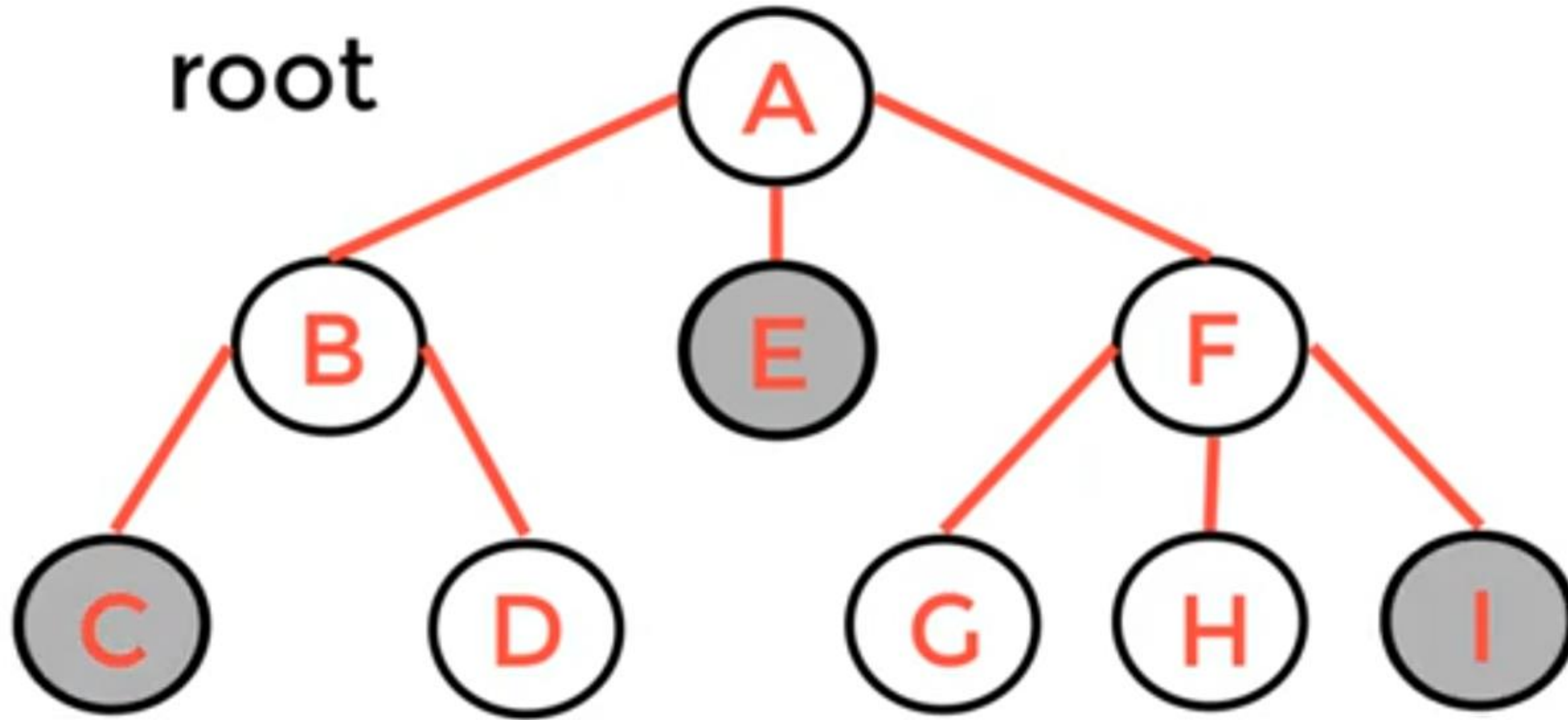
تعاريف

- نقول عن عدة عقد إنها أشقاء (siblings) إذا كان لها **نفس الأب**.



تعاريف

- نقول عن العقدة x إنها **سلف** لعقدة y، إذا كانت x **أباً** لـ y، أو كانت x **سلفاً لأب** y.
- نقول عن العقدة x إنها **حفيد** لعقدة y، إذا كانت x **ابناً** لـ y، أو كانت x **حفيداً لابن** y.



Ancestor:C{A,B} E{A} I{A,F}

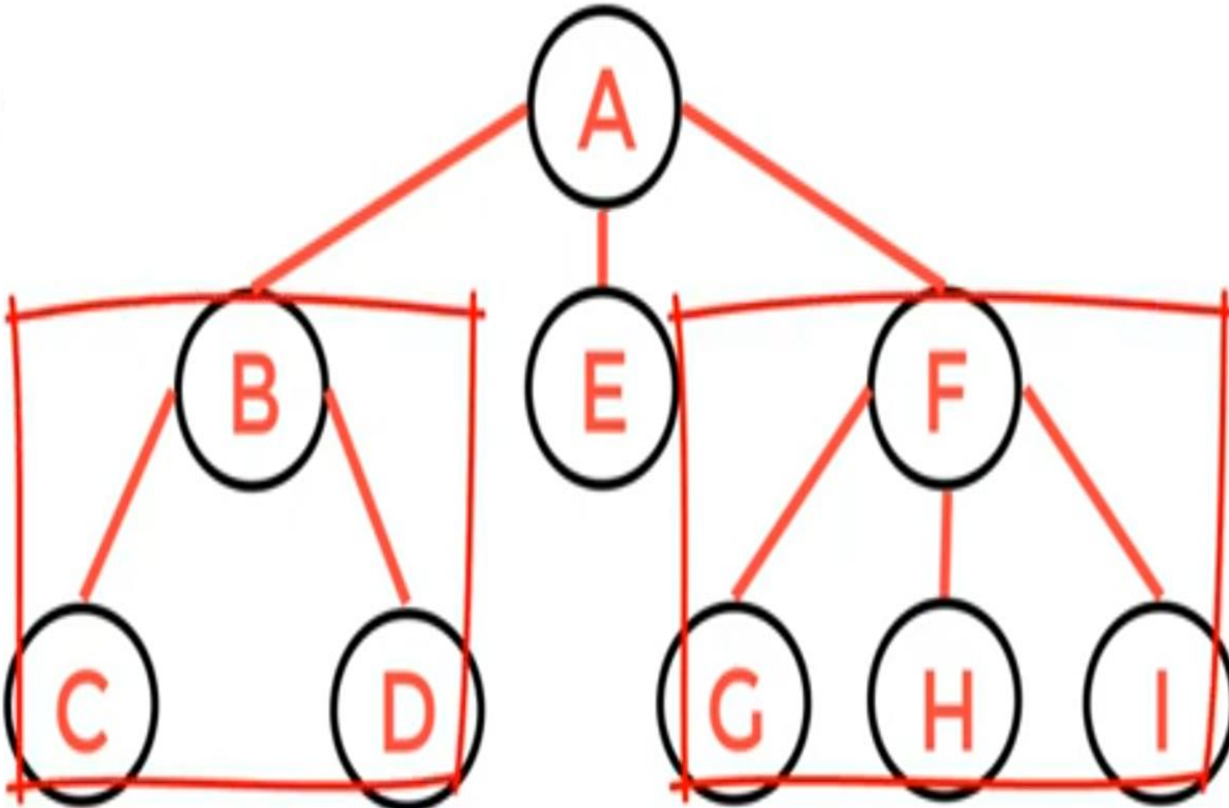
Descendant: B{C,D}

تعاريف

- **حجم الشجرة** $Vol(T)$ **هو عدد عقدها الكلي.**
- يمكن تعريفه حسب التعريف العودي السابق لبنية معطيات الشجرة بالشكل التالي:

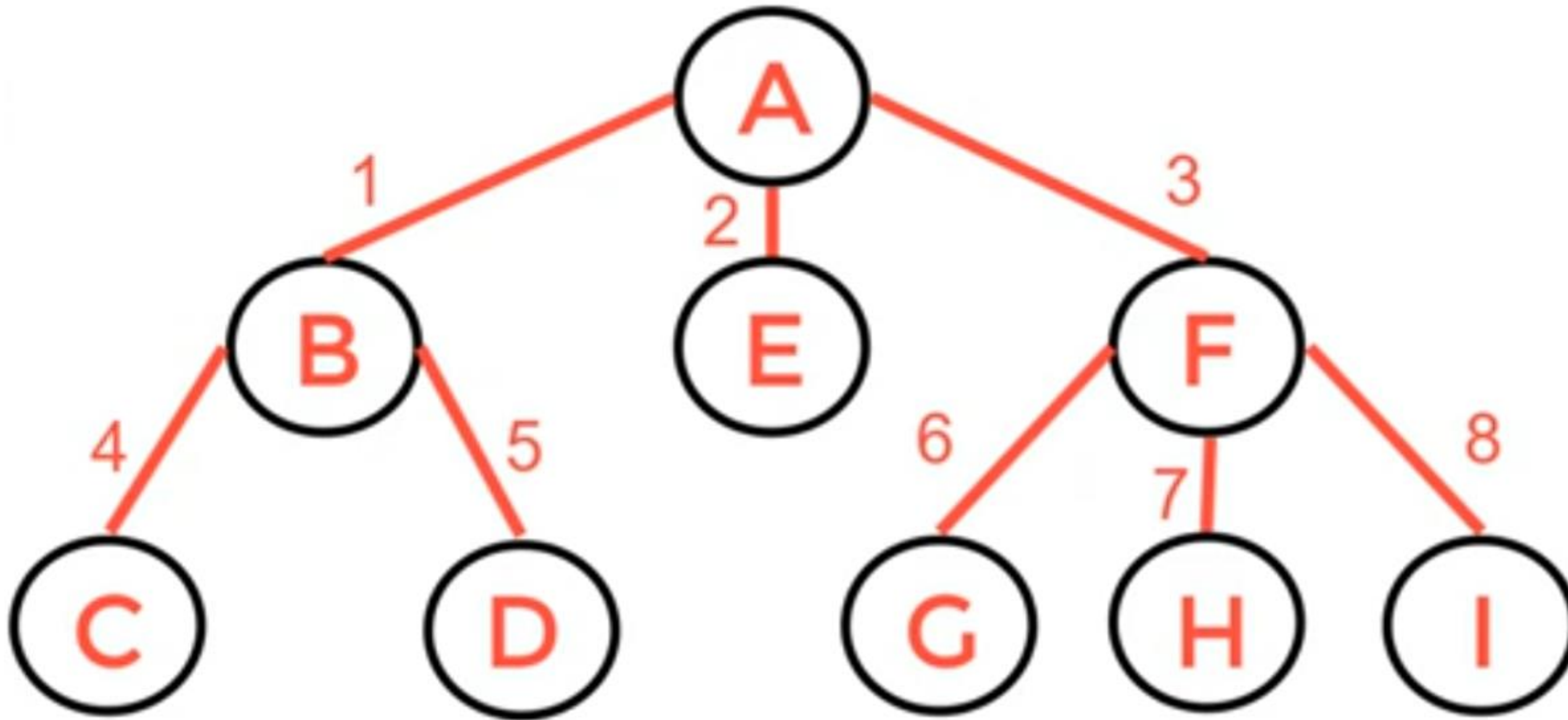
$$Vol(T) = 1 + \sum_{i=1}^{n} Vol(T_i)$$

حيث Ti الأشجار الفرعية لعقدة الجذر.



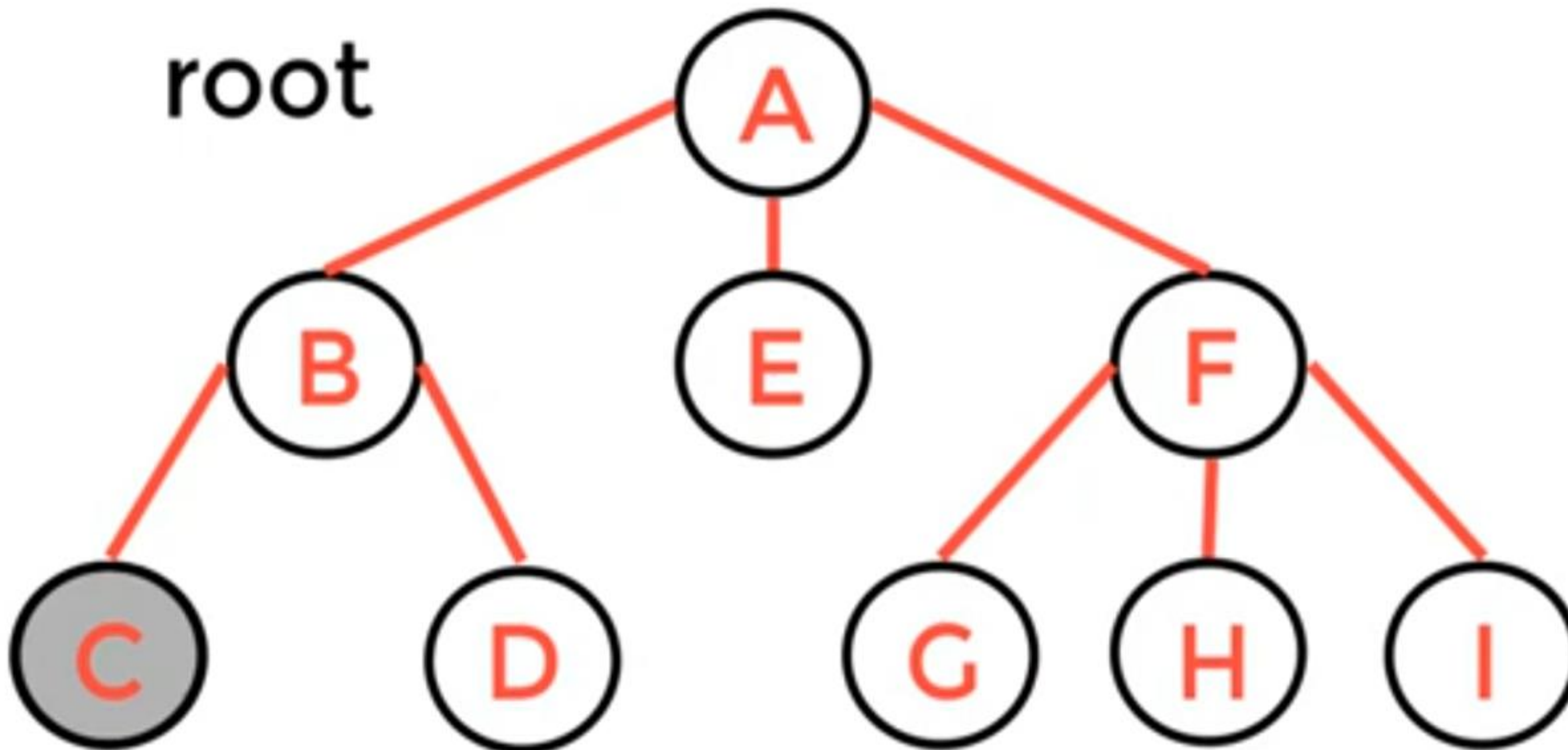
تعاريف

- عدد الأضلاع في الشجرة = عدد العقد – 1
  - كل عقدة **باستثناء عقدة الجذر** تمتلك ضلع واحد قادم من العقدة الاب(incoming edge).



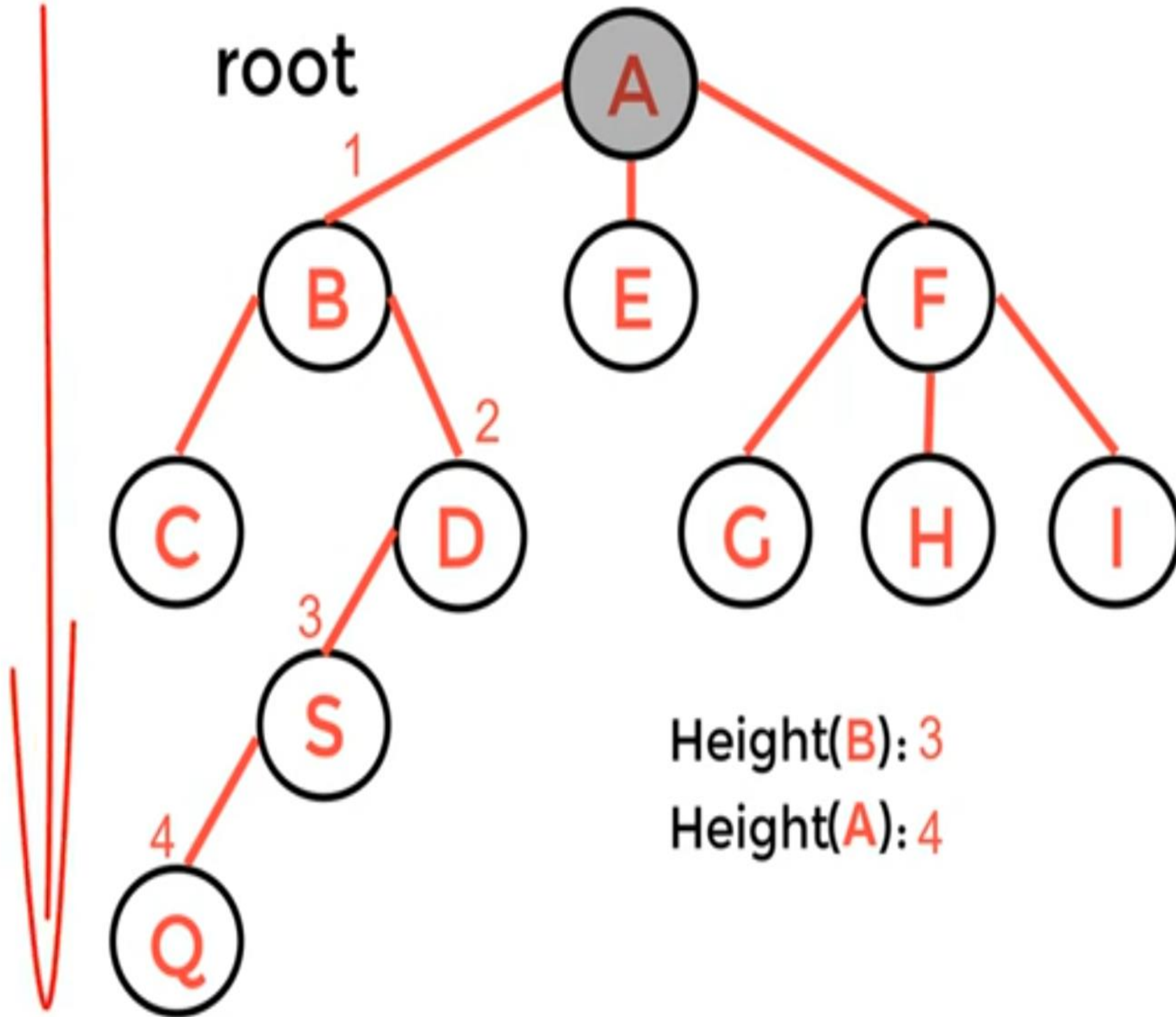
تعاريف

- **الفرع (branch):** كل مسار يصل بين عقدة الجذر وإحدى العقد الورقية.
  - على سبيل المثال:{A,B,D}
- نعرف **عمق عقدة** depth(x) على انه طول المسار (عدد الاضلاع) من العقدة الجذر للعقدة x.



Depth(C): 2
Depth(A): 0

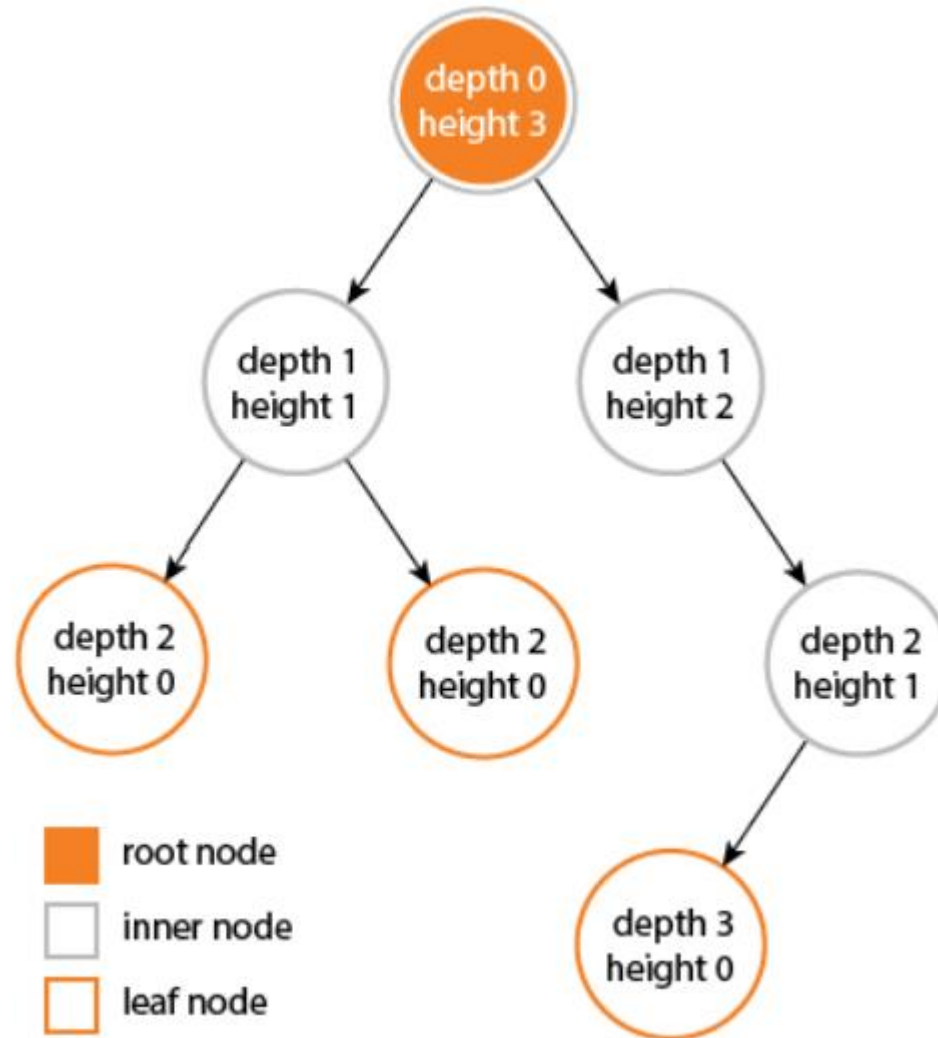
تعاريف



- **ارتفاع** عقدة height(x) هو طول المسار (عدد الاضلاع) الواصل بين هذه العقدة والعقدة الورقية الأبعد (يجب أن تكون العقدة الورقية من احفاد العقدة x).

- ارتفاع شجرة T هو ارتفاع عقدة الجذر (**أطول ارتفاع** في الشجرة).

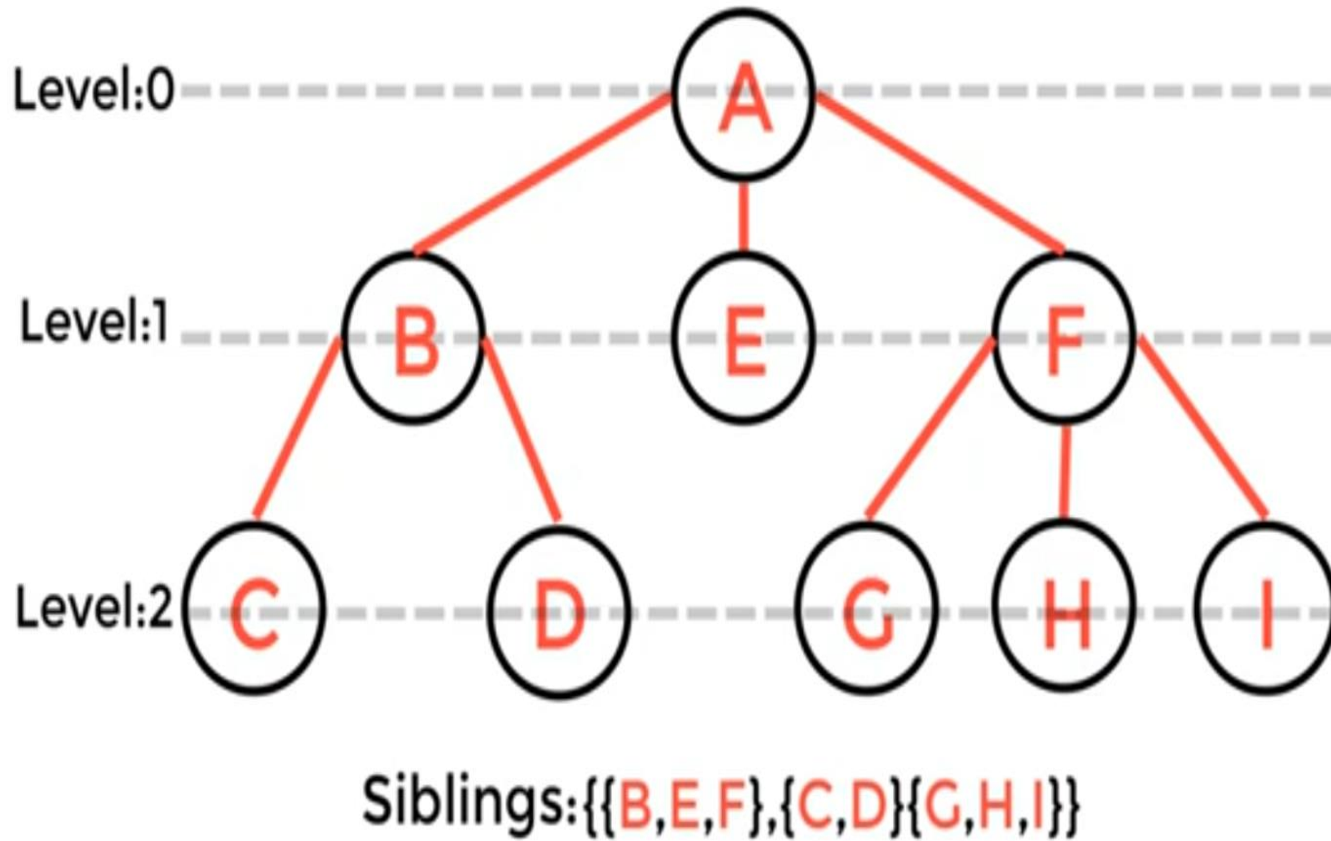
تعاريف



depth 0
height 3
depth 1
height 1
depth 1
height 2
depth 2
height 0
depth 2
height 0
depth 2
height 1
depth 3
height 0
root node
inner node
leaf node

تعاريف

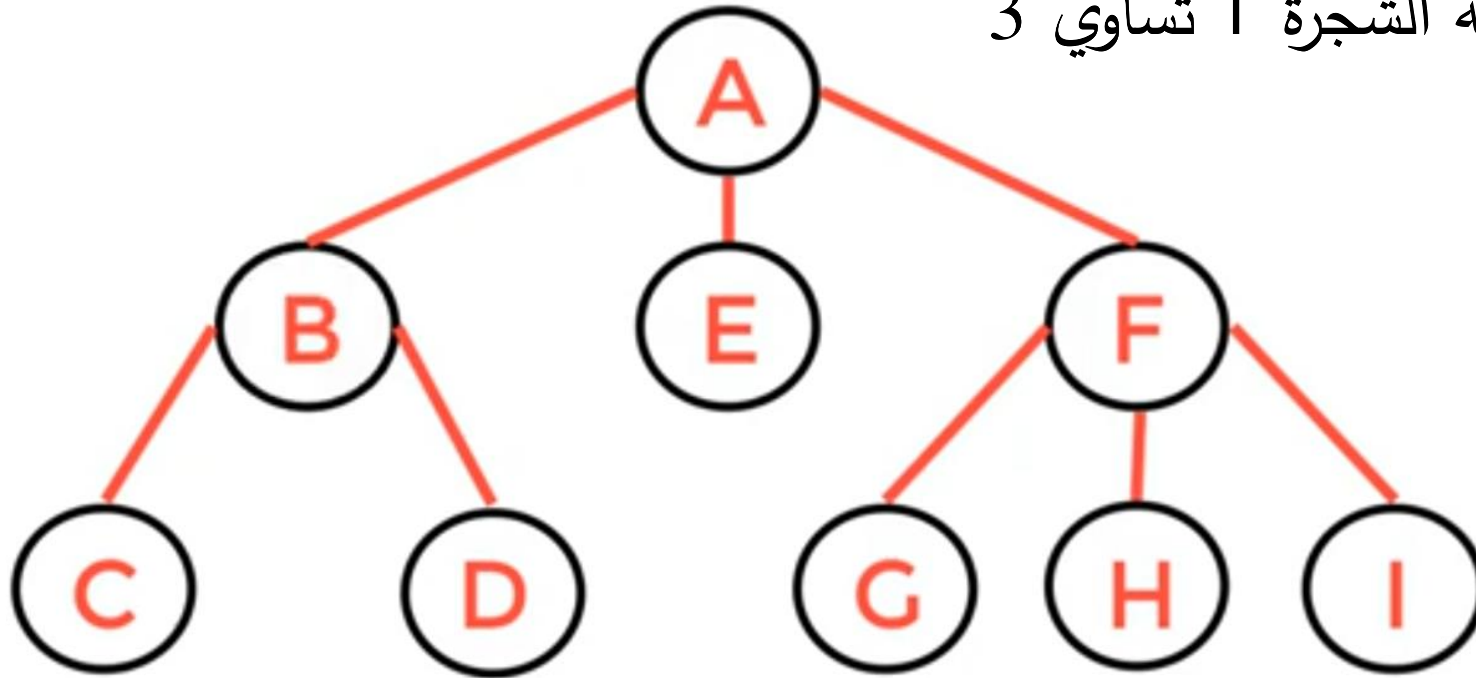
- تتوزع عقد الشجرة على عدة مستويات (Levels).
- باستخدام مفهوم المستويات يكون:
  - عمق عقدة هو رقم المستوي الذي توجد فيه.
  - ارتفاع الشجرة هو رقم المستوي الاخير.
- عرض الشجرة هو العدد الأعظم للعقد الموجودة في مستوي ما.



تعاريف

- درجة عقدة degree(x) هي **عدد الأشجار الفرعية** للعقدة x .
  - مثال: degree(B)=2
- درجة الشجرة degree(T) **العدد الأعظمي** للأشجار الفرعية لعقدة ما أي أن :

  degree (T) = max{degree(x) | x is a node of T}
- في مثالنا درجة الشجرة T تساوي 3



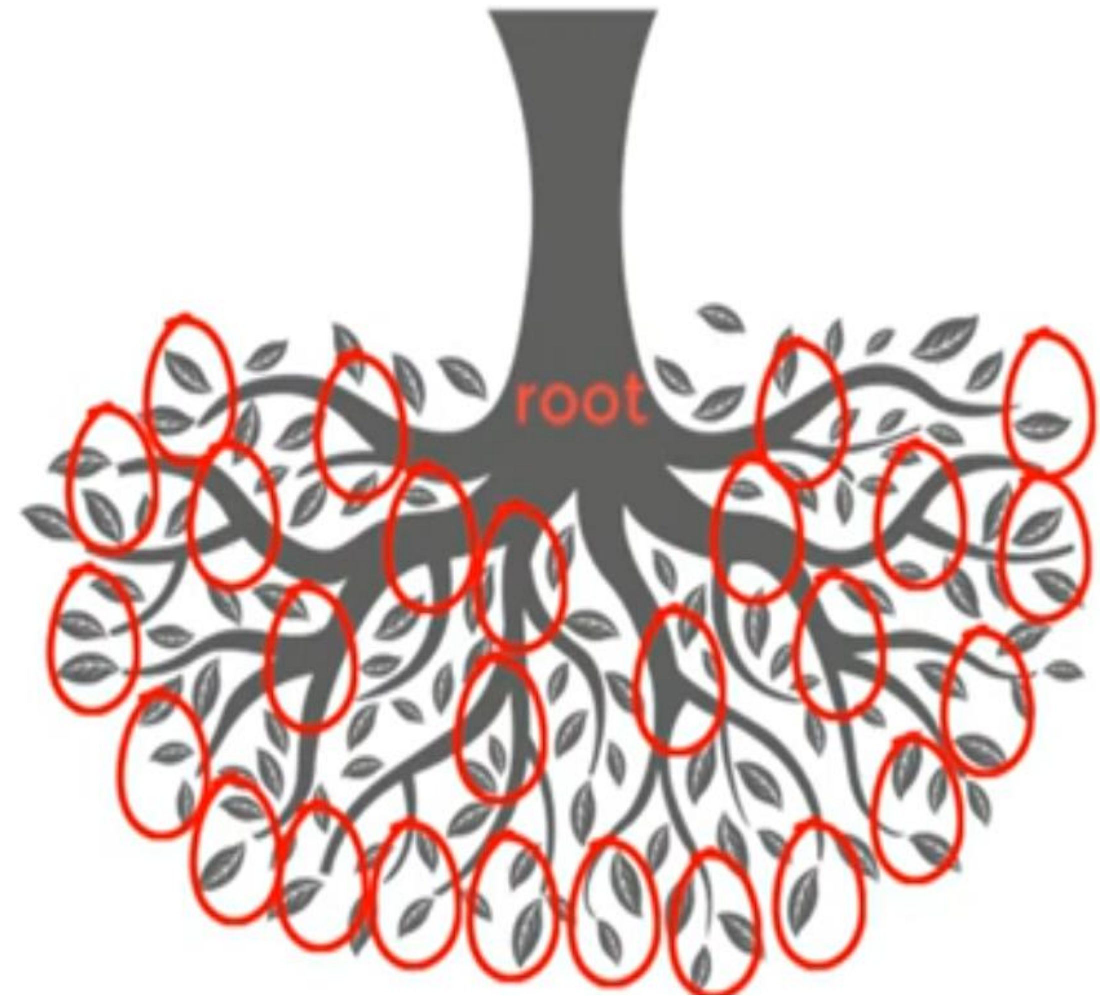
تعاريف

item
item
item
item
item
item
item
item
item
item
item

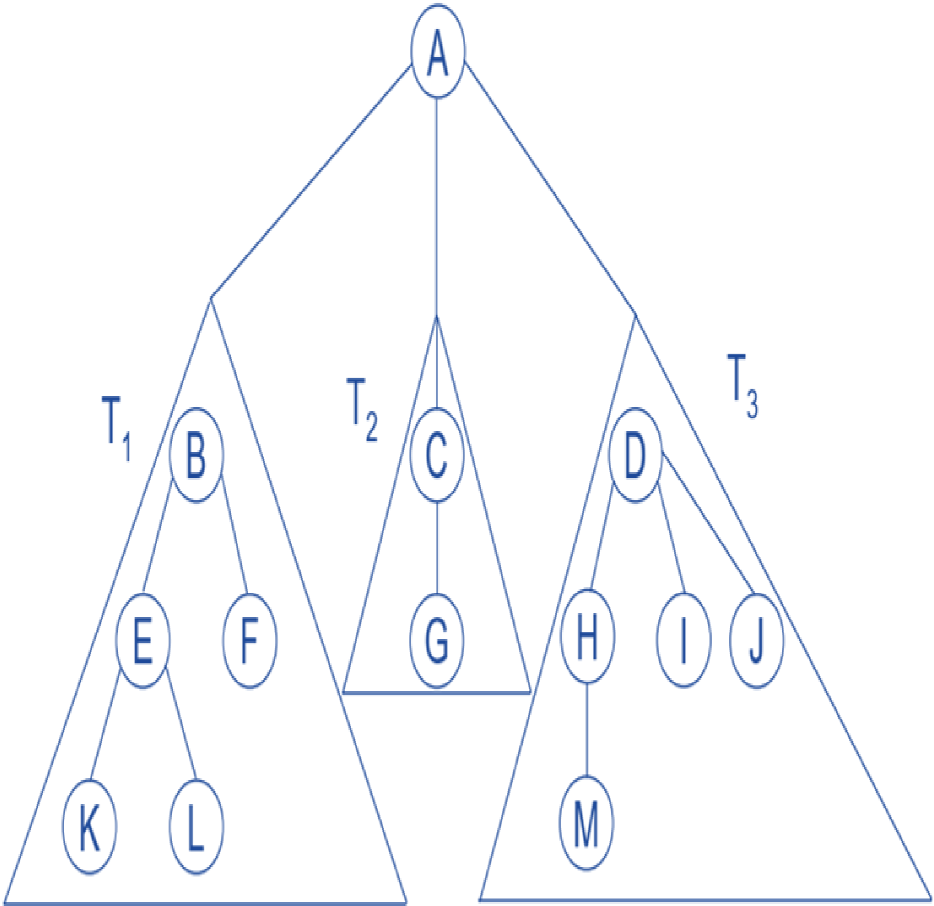
leaf

brunch

root

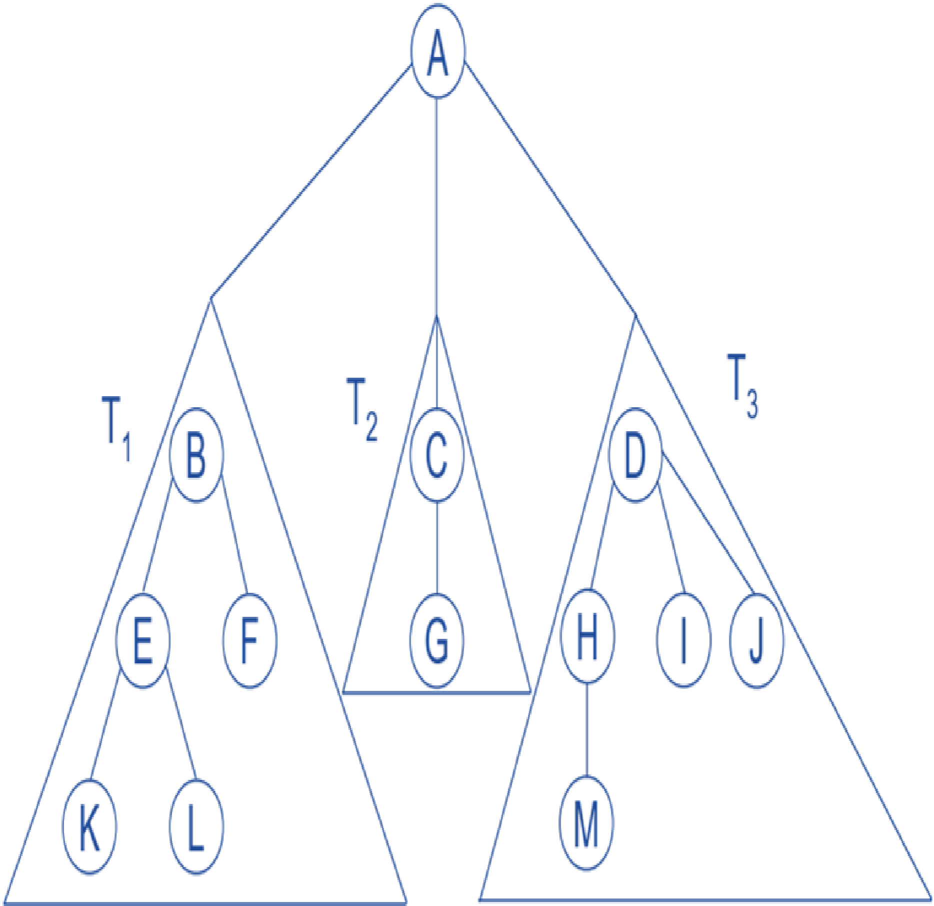


مثال



- تدعى المجموعات $T_1, T_2, \dots, T_n$ ________ من عقدة الجذر.
- تسمى كل من العقد B, C, D, E, H ________.
- تسمى كل من العقد K, L, F, G, M, I, J ________.
- تسمى العقدة B ____ للعقد E, F ، وبالعكس تسمى العقدتان E, F ________ للعقدة B .
- تسمى العقد H, I, J ______.
- تسمى كل من العقد H, D, A ______ للعقدة M
- تسمى كل من العقد K, L, E, F ______ للعقدة B .
- **درجة العقدة** A تساوي ___ و درجة العقدة C تساوي ___ و درجة العقدة F ___ .
- **درجة الشجرة** T تساوي ___
- تشكل العقد A, D, H, M ____ في الشجرة T

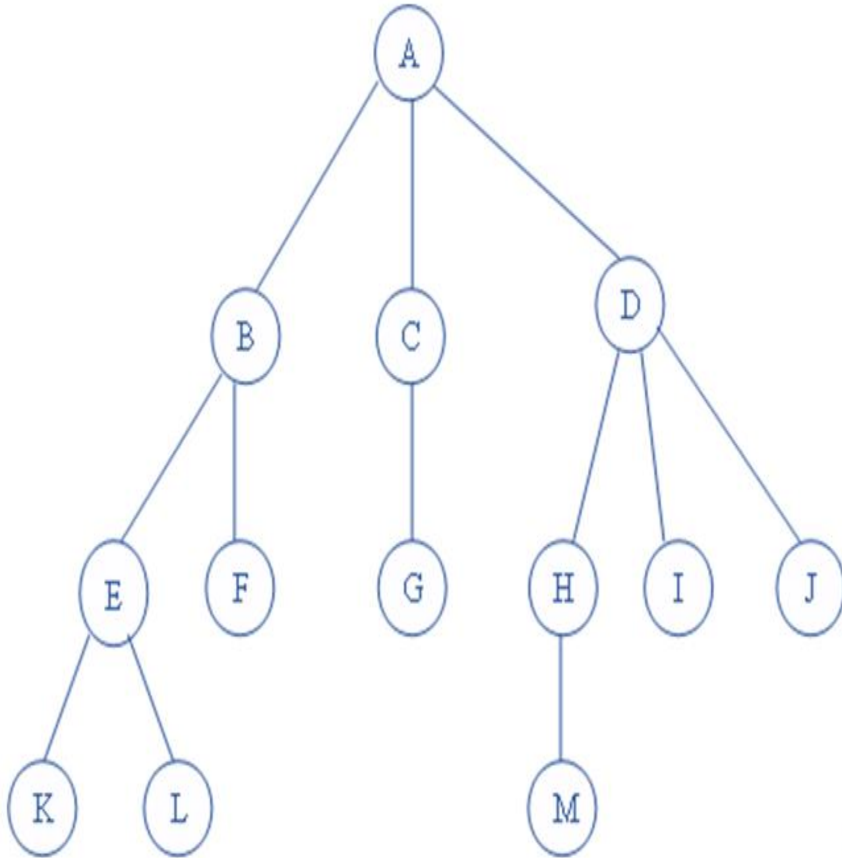
مثال



- تدعى المجموعات $T_1, T_2, \dots, T_n$ **أشجار فرعية** من عقدة الجذر.
- تسمى كل من العقد B, C, D, E, H **عقدة داخلية**.
- تسمى كل من العقد K, L, F, G, M, I, J **عقدة ورقية**.
- تسمى العقدة B **أب** للعقد E, F ، وبالعكس تسمى العقدتان E, F **عقد أولاد** للعقدة B .
- تسمى العقد H, I, J **أخوة** .
- تسمى كل من العقد H, D, A **سلفاً** للعقدة M
- تسمى كل من العقد K, L, E, F **أحفاد** للعقدة B .
- **درجة العقدة** A تساوي **3** و درجة العقدة C تساوي **1** و درجة العقدة F **صفر** .
- **درجة الشجرة** T تساوي **3**
- تشكل العقد A, D, H, M **فرع** في الشجرة T

تعاريف

- تسمى الشجرة:
  - شجرة من المرتبة n (أو **n–ary tree**)، عندما كل عقدة داخلية تمتلك **على الأكثر** n ولد.
  - شجرة **ممتلئة** من المرتبة n (**full n–ary tree**)، عندما تمتلك كل عقدة فيها n ولد بالضبط أو صفر ولد.
- مثال: الشجرة التالية هي (3–ary tree) وليست شجرة ممتلئة.



تمثيل الأشجار

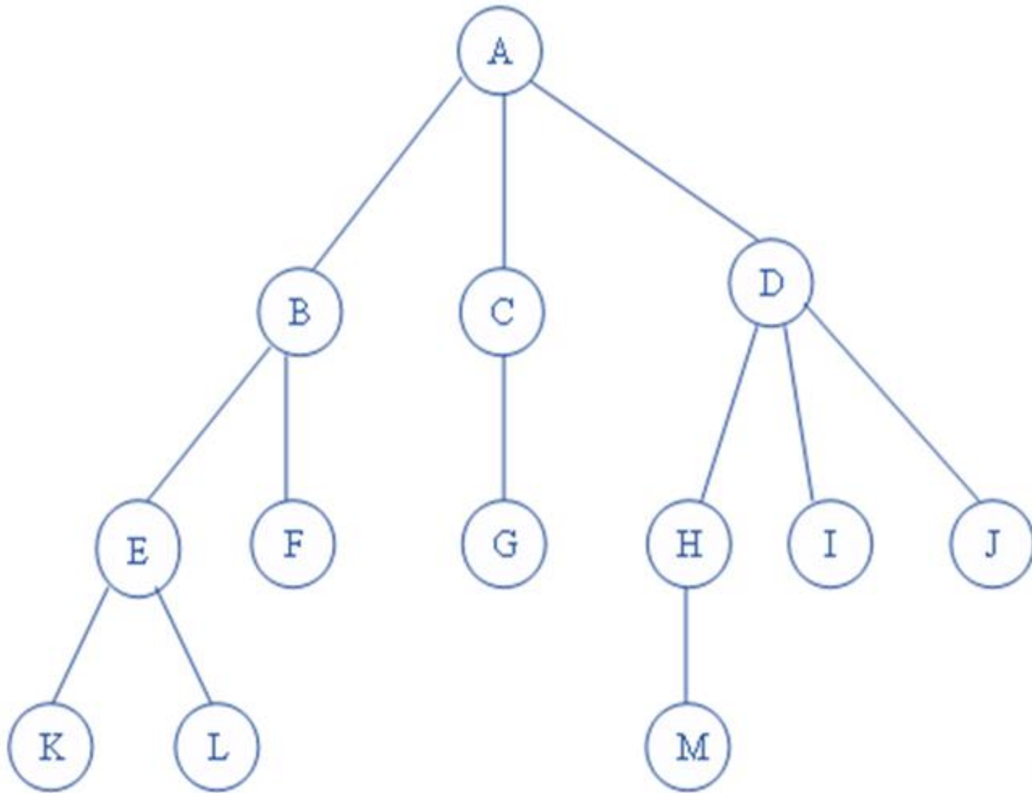
- يتم تمثيل الشجرة باستخدام:
  1. باستخدام القوائم الخطية
  2. باستخدام القوائم المترابطة
     - باستخدام الابن اليساري – الأخ اليميني

تمثيل الأشجار باستخدام القوائم الخطية

- يتم تمثيل الشجرة على شكل **قائمة خطية** والتي فيها كل **شجرة فرعية** تكتب بشكل قائمة خطية أيضاً.
- يدعى أيضاً بتمثيل الأقواس المتداخلة

Nested Parenthesis Representation

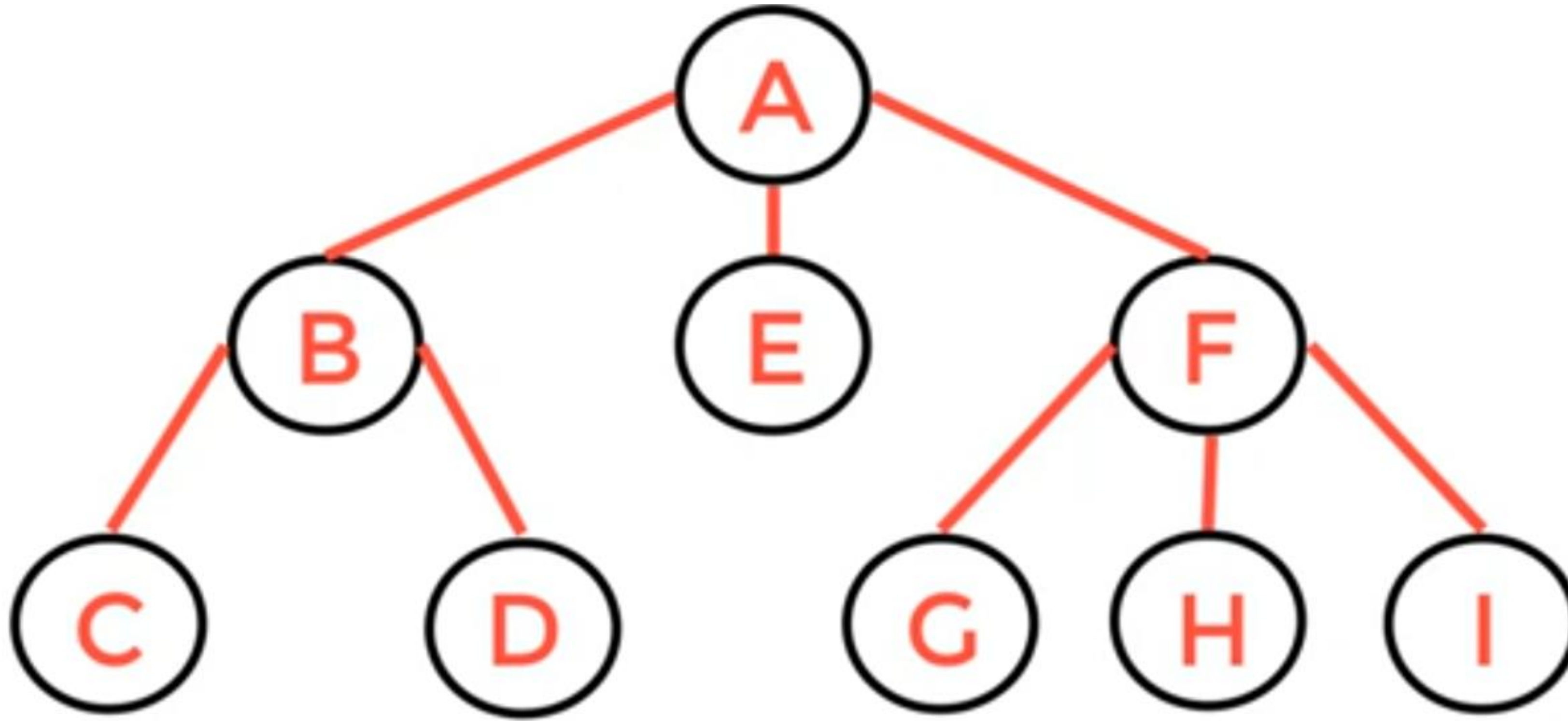
- **مثال1:**



(A(B(E(K,L),F),C(G),D(H(M),I,J)))

تمثيل الأشجار باستخدام القوائم الخطية

- مثال2:



(A(B(C,D),E,F(G,H,I)))

تمثيل الأشجار باستخدام القوائم المترابطة

- يتم تمثيل الشجرة **بقائمة مترابطة من العقد**، حيث تتضمن كل عقدة حقل للبيانات وعدد من حقول الربط مع العقد الابناء.

data	Link1	Link2	....	link n

  - يعتمد عدد حقول الربط على **عدد الأشجار الفرعية** لكل عقدة ← أي أن **حجم العقدة** في القائمة المترابطة **مختلف** من عقدة لأخرى.

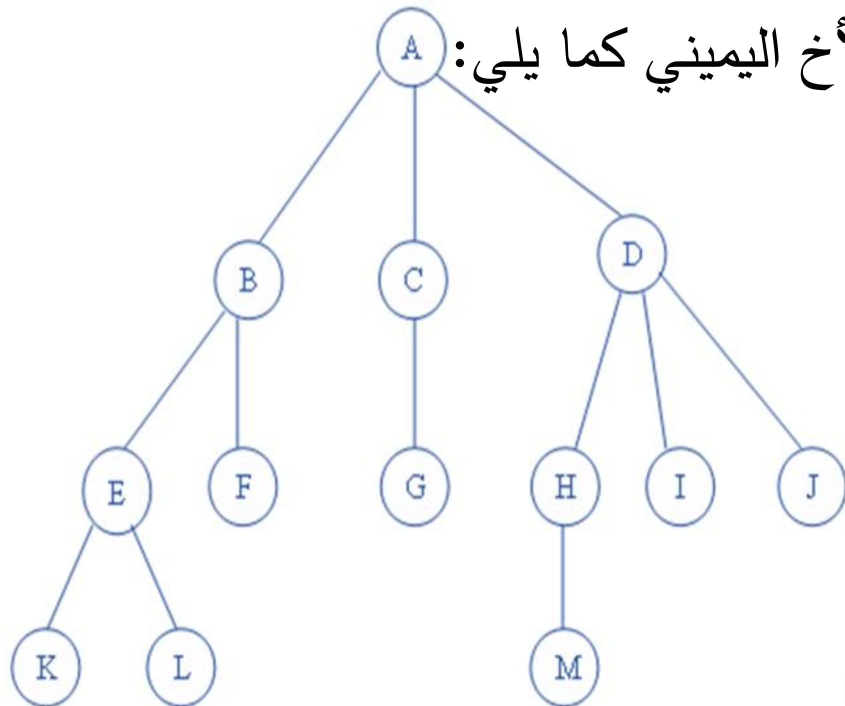
- غالبا ما يكون التعامل مع العقد **ذات الحجم الثابت** أسهل، لذلك لابد من اللجوء إلى **طريقة تمثيل** يكون فيها عدد الحقول في كل عقدة ثابتاً.
  - التمثيل باستخدام الابن اليساري –الأخ اليميني Left Child-Right Sibling

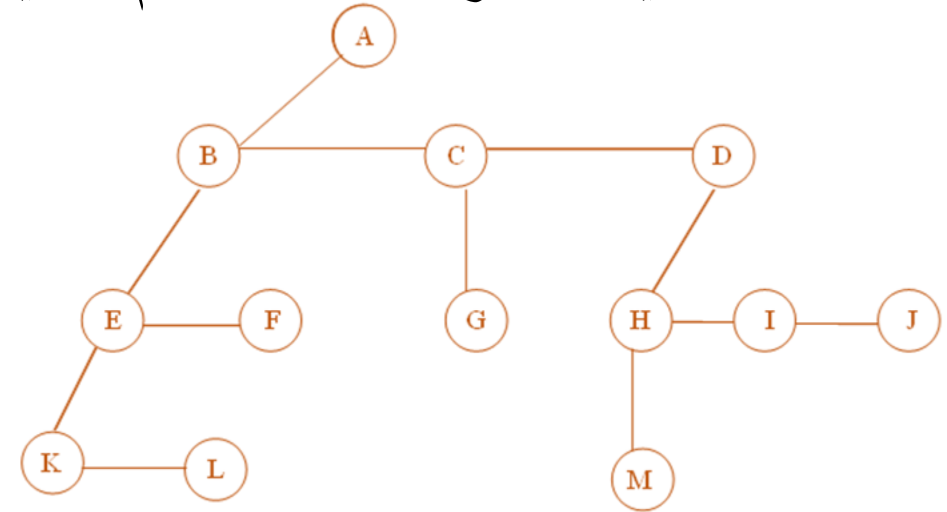
تمثيل الأشجار باستخدام الابن اليساري – الأخ اليميني

- في هذا التمثيل، تتكون بنية العقدة من ثلاثة حقول : حقل للبيانات، حقل ربط للابن اليساري، و حقل ربط للأخ اليميني :

Data	
Left child	Right sibling

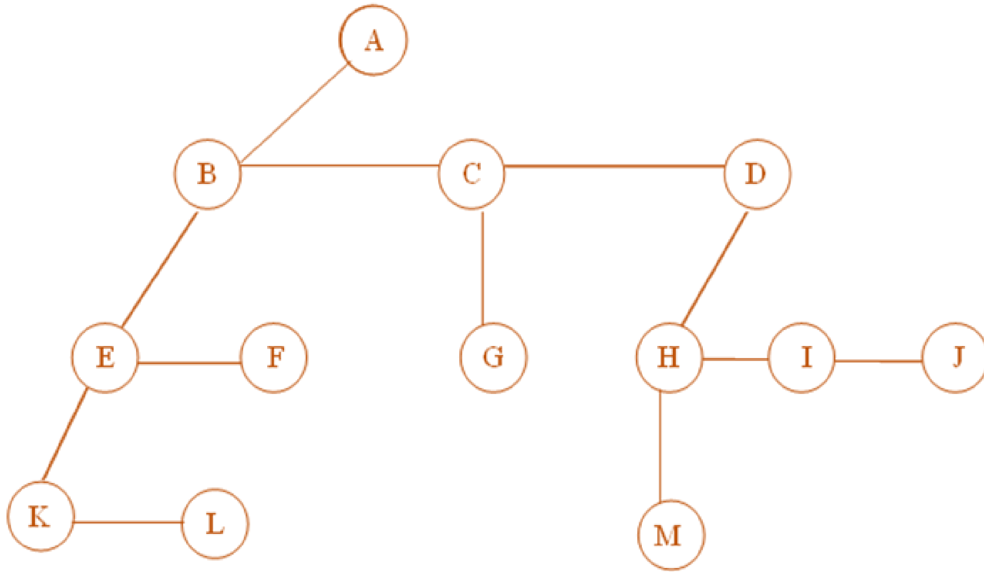
- في هذا التمثيل، **لا أهمية** لترتيب الأولاد في الشجرة ← **أي من أولاد العقدة** يمكن أن يكون ابن في أقصى اليسار، **وأي من اشقاء العقدة** يمكن أن يكون الأخ اليميني الأقرب.
- مثال1 : يمكننا تمثيل الشجرة التالية باستخدام التمثيل الابن اليساري – الأخ اليميني كما يلي:



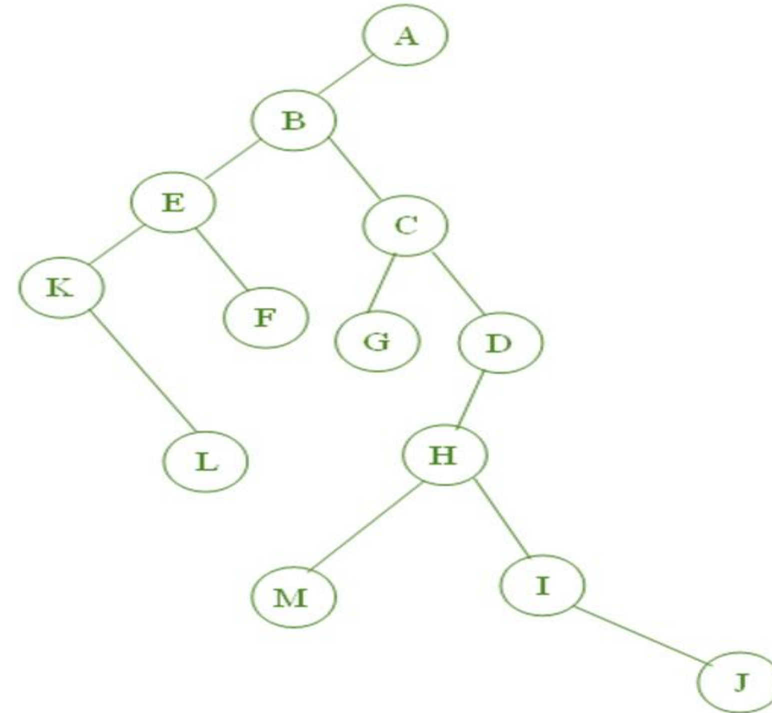


تمثيل الأشجار باستخدام الابن اليساري – الأخ اليميني

- بتدوير الشجرة الناتجة بزاوية دوران 45 درجة باتجاه دوران عقارب الساعة، نحصل على الشجرة التالية والتي فيها درجة كل عقدة على الأكثر 2 .
  - نسمي الأشجار الممثلة بهذه الطريقة أشجاراً ثنائية (Binary Trees)، بحيث كل عقدة في هذه الشجرة تملك ابنين (ابن يساري وابن يميني).



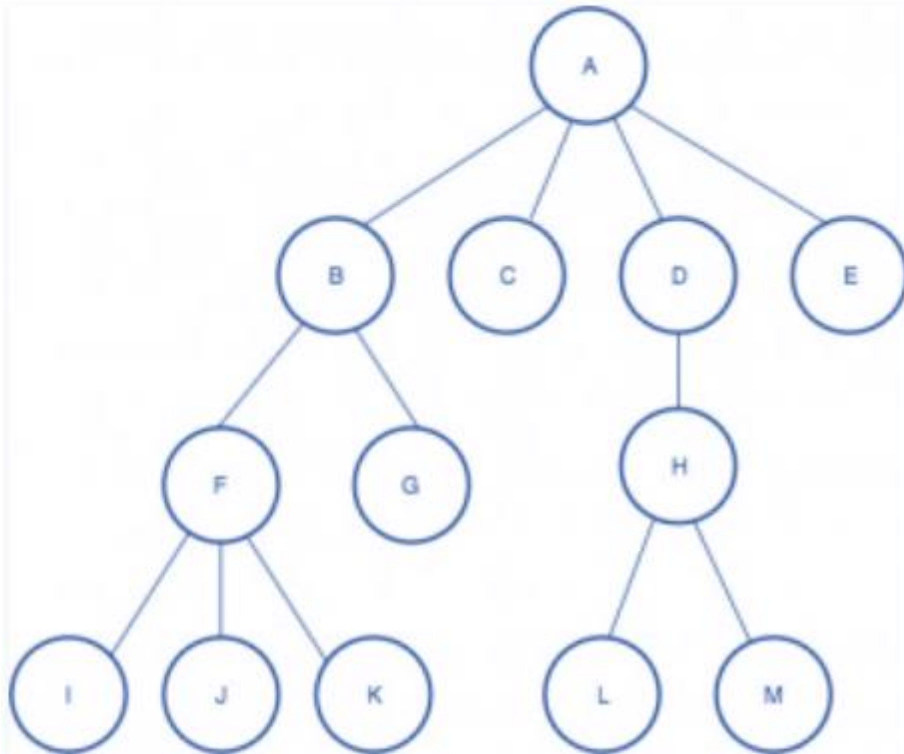
التمثيل باستخدام الابن اليساري –الأخ اليميني

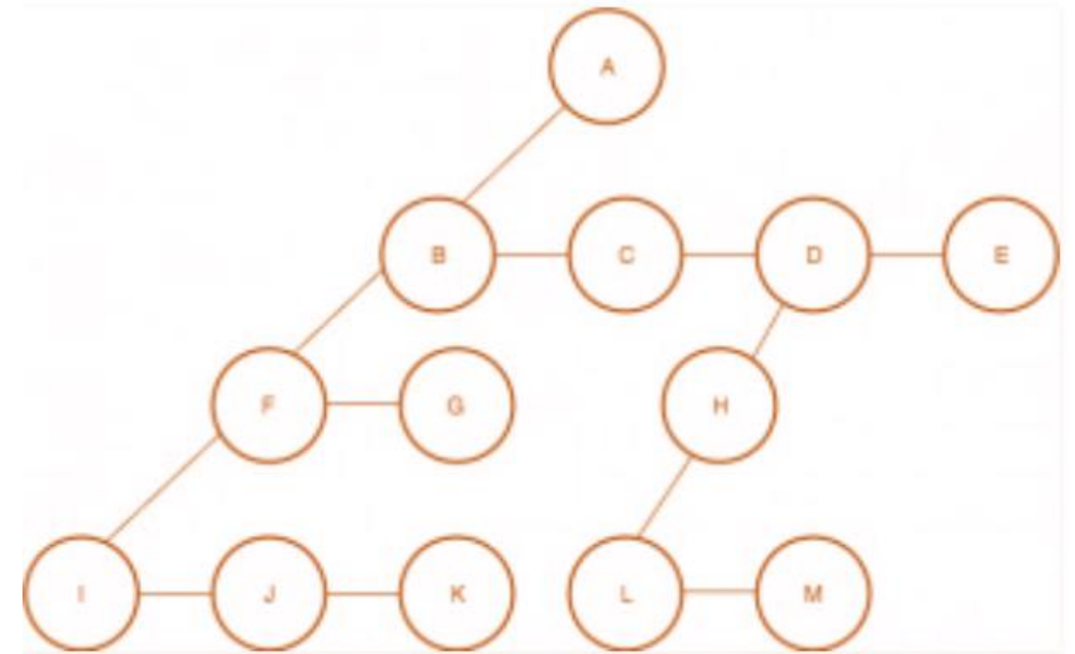


التمثيل باستخدام الابن اليساري –الابن اليميني

تمثيل الأشجار باستخدام الابن اليساري – الأخ اليميني

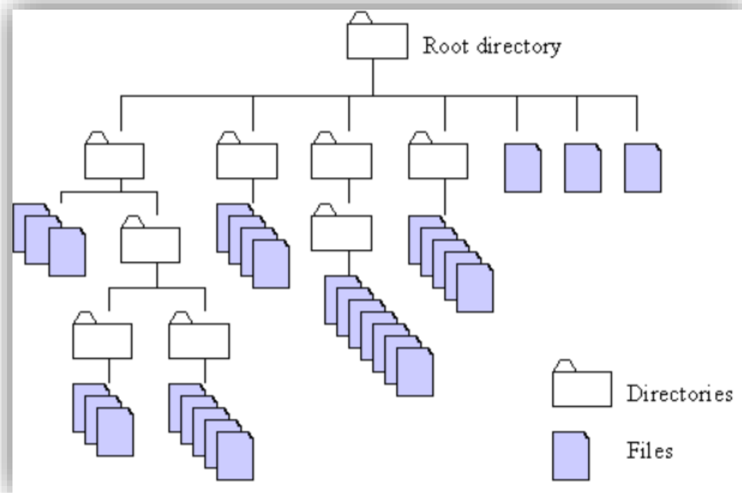
- مثال2 : قم بتمثيل الشجرة التالية باستخدام تمثيل الابن اليساري – الأخ اليميني

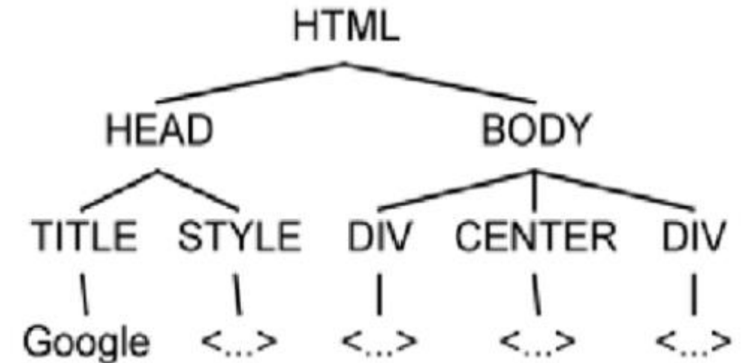




تطبيقات الأشجار

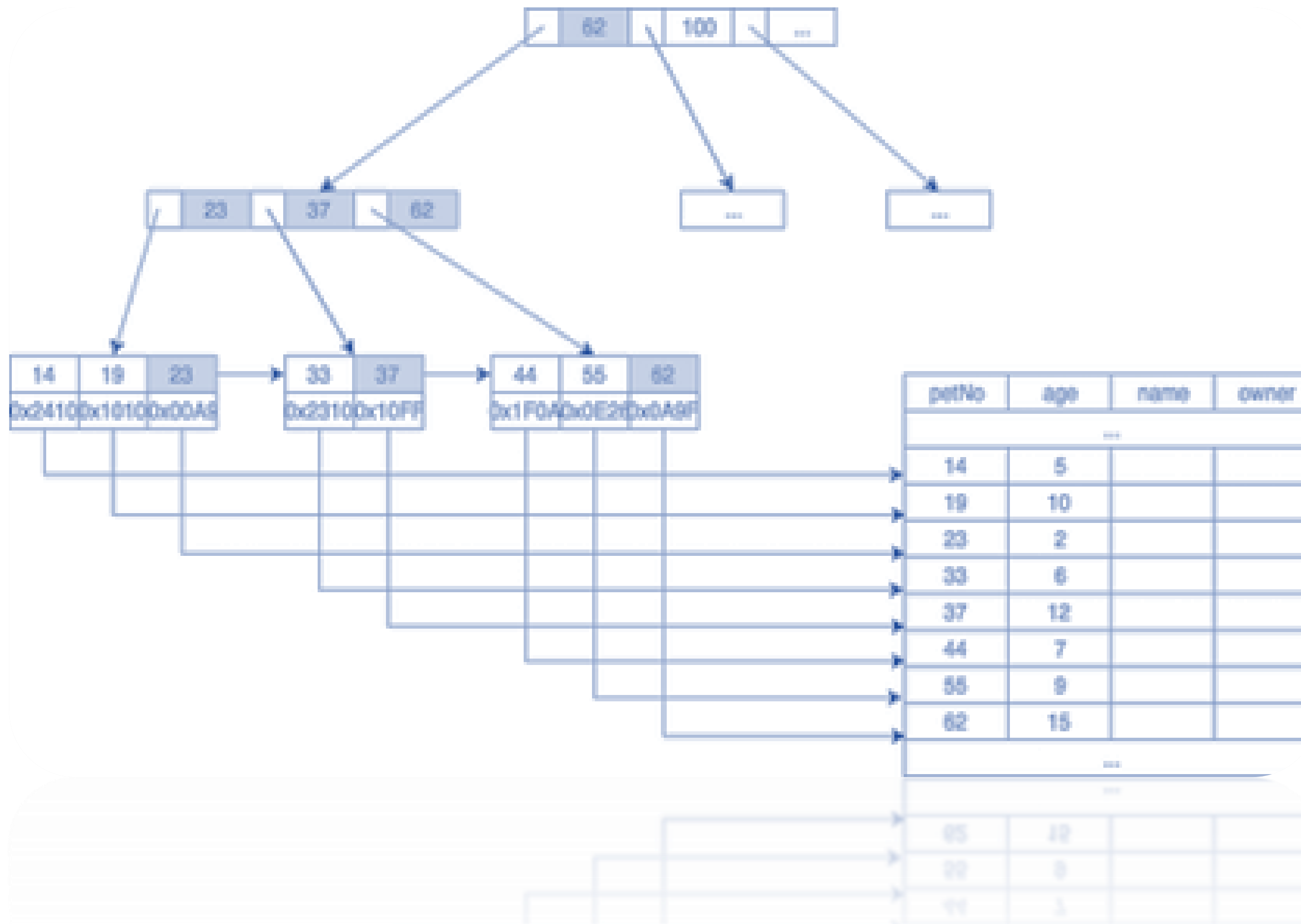
- لتخزين المعطيات التي تمتلك عناصرها **علاقات هرمية** (hierarchical data) مثل
  - بنية تخزين الملفات في نظم التشغيل الحاسوبية (file system): مجلدات يحوي كل منها مجموعة من المجلدات الجزئية ومجموعة من الملفات.
  - البيانات المخزنة باستخدام (XML/HTML).

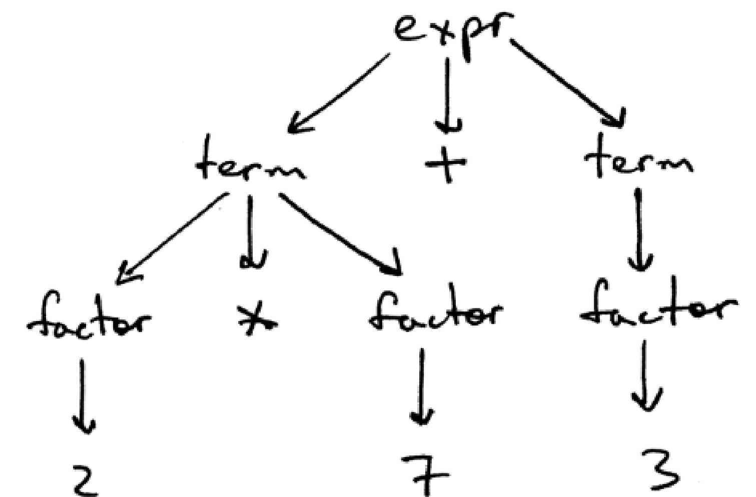




تطبيقات الأشجار

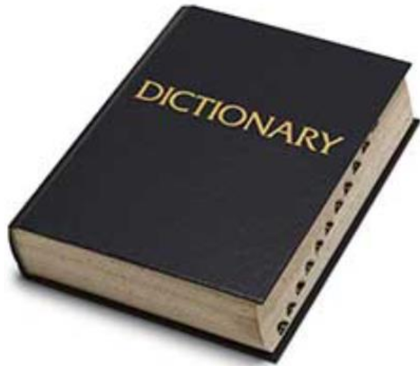
- يتم استخدام الأشجار (B-Tree) و (B+ Tree) **لتحقيق الفهارس** في قواعد البيانات.
- يتم استخدام (Syntax Tree) في **المترجمات** (Compilers) لتحليل العبارات الحسابية والمنطقية.

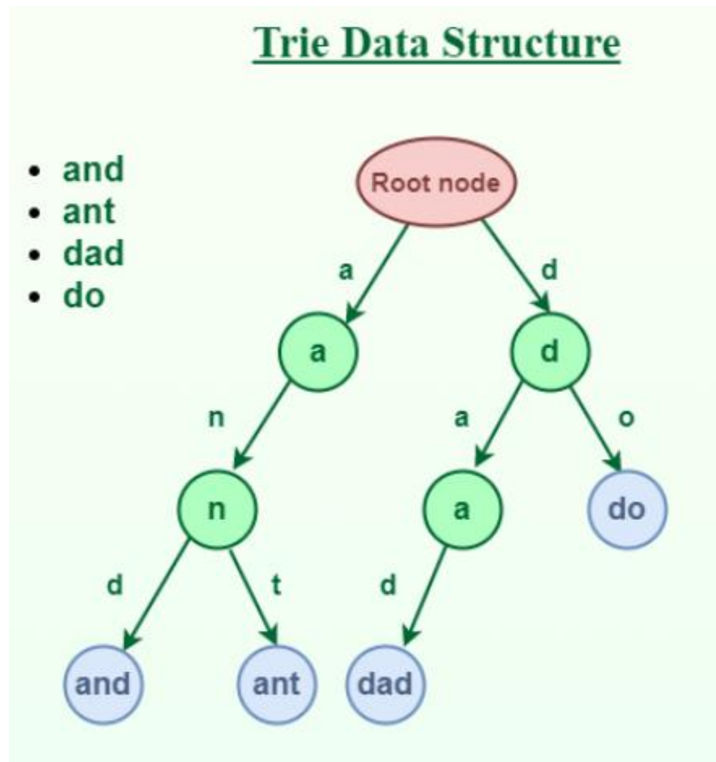


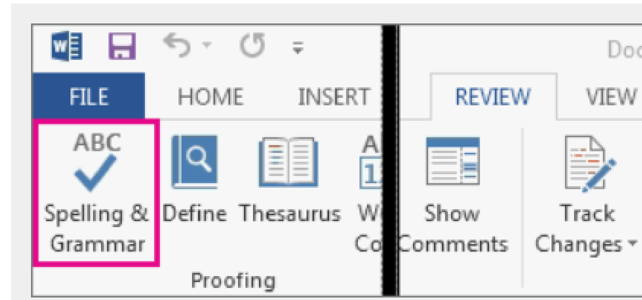


تطبيقات الأشجار

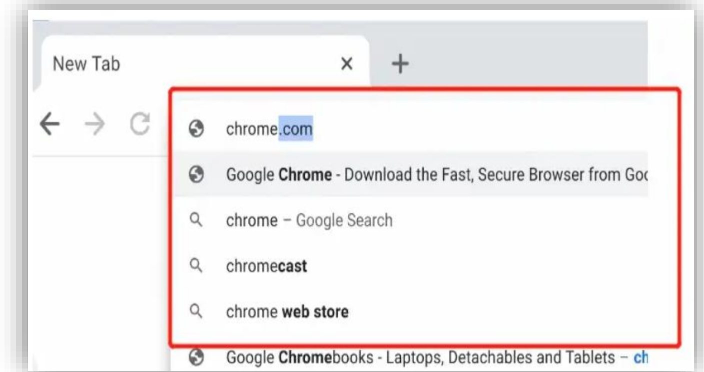
- يتم استخدام (Trie) لتحقيق وبناء **القواميس المعجمية** (dictionaries).



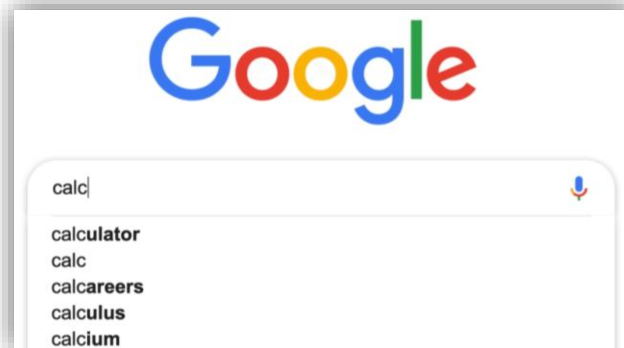




Spell Checkers/Auto-correct



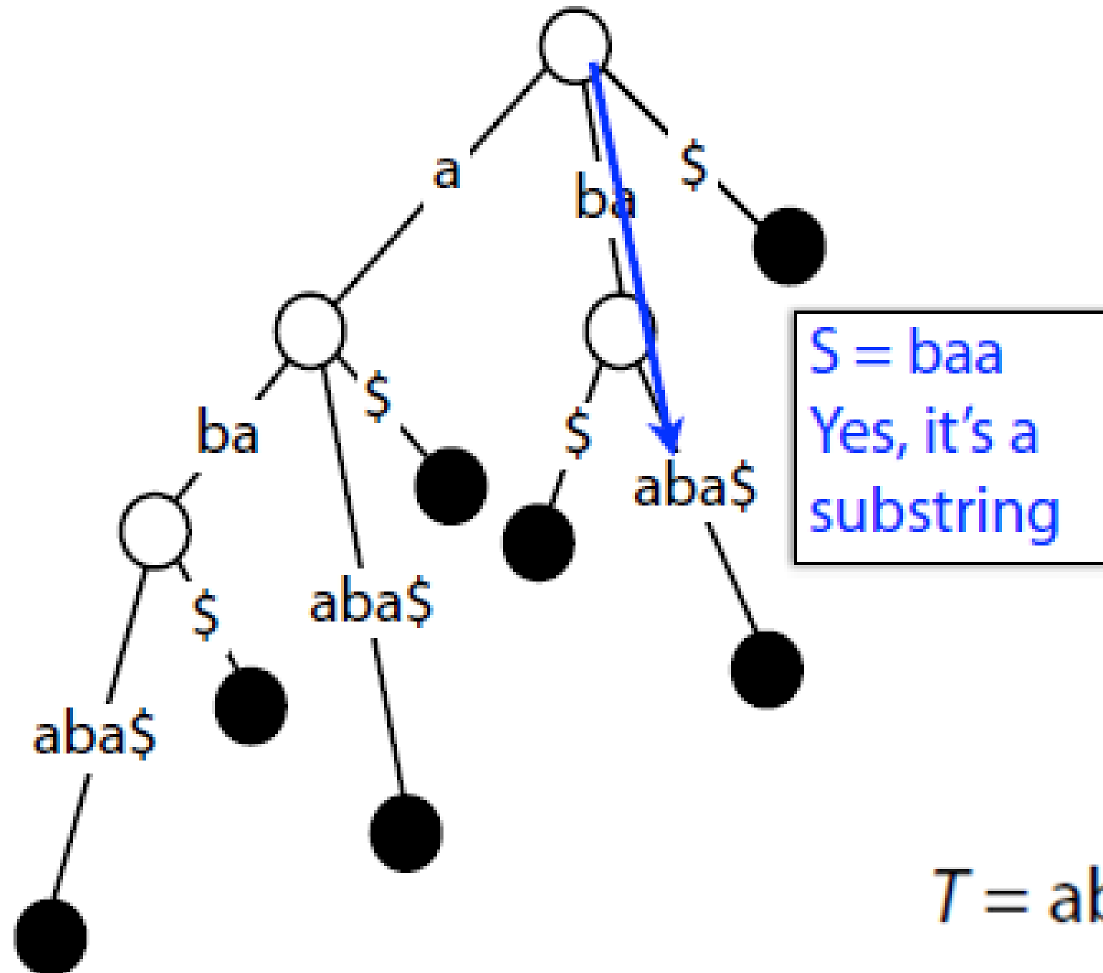
Browser history suggestions



Auto complete suggestions on entering prefix

تطبيقات الأشجار

- يتم استخدام (Suffix Tree) من أجل **البحث السريع** عن السلاسل الجزئية الموجودة في النصوص (fixed text).



$T = abaaba\$$

تطبيقات الأشجار

- يتم استخدام أشجار الامتداد (Spanning Trees) **في الشبكات الحاسوبية.**
- تسمح شجرة البحث الثنائي (Binary Search Tree) **بتسريع تنفيذ العمليات** الخاصة بـ البحث، الإضافة، والحذف للبيانات المخزنة فيها.
- ....

